

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-197110

(P2001-197110A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 L 12/56

H 0 4 L 11/20

1 0 2 C 5 K 0 3 0

29/06

13/00

3 0 5 D 5 K 0 3 4

9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-2469(P2000-2469)

(22) 出願日 平成12年1月11日(2000.1.11)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 宮坂 昌宏

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 岩井 隆典

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外1名)

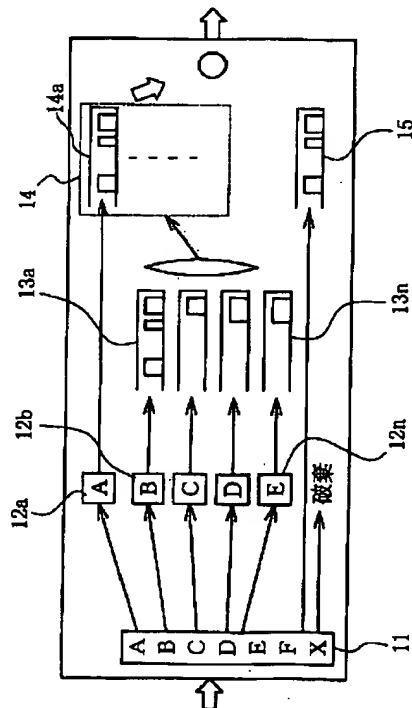
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トラヒック制御方法

(57) 【要約】

【課題】 簡易な構成でギャランティー型サービスとベストエフォート型サービスとを同時に実現することができるトラヒック制御方法を提供する。

【解決手段】 IPネットワークを構成するルータのインターフェースで、到着したIPパケットのIPヘッダーを参照し、IPトラヒックを、ギャランティーサービスクラス、最低帯域保証クラス及びベストエフォートサービスクラスへのクラス分けを行い、クラス毎のレギュレータを用いてIPトラヒックをクラス毎に設定されたキューに振り分け、ギャランティーサービス用キューはPQ方式の優先キューとして設定し、最低帯域保証用キューはWFQ方式によって読出しWFQフローの全レートを制限してPQ方式の優先キューに入力し、ベストエフォートサービス用キューはPQ方式の非優先キューに設定しPQ方式により出力リンクへ送る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 IPネットワークを構成するルータのインターフェースで、到着したIPパケットのIPヘッダーを参照し、IPトラフィックを、ギャランティーサービスクラス、最低帯域保証クラス及びベストエフォートサービスクラスへのクラス分けを行い、クラス毎のレギュレータを用いてIPトラフィックをクラス毎に設定されたキューに振り分け、ギャランティーサービス用キューはPQ方式の最優先キューとして設定し、最低帯域保証用キューはWFQ方式によって読出しWFQフローの全レート

10

を制限してPQ方式のいずれかの優先キューに入力し、ベストエフォートサービス用キューはPQ方式の非優先キューに設定しPQ方式により出力リンクへ送ることを特徴とするトラフィック制御方法。

【請求項2】 WFQの実装には、アクティブなキューではその時点でのビット毎のラウンドロビンがサービスを終了するラウンド数をタグ付けし、アクティブでないキューではそのキューにおける直前のパケットのサービス終了時刻をタグ付けするSFQを用い、WFQ全体の読出しレートを自由に設定することを可能にした上で、PQ方式のいずれかの優先キューに入れて出力リンクから読出すことを特徴とする請求項1に記載のトラフィック制御方法。

20

【請求項3】 クラス分けの際にBEクラスに設定したトラフィックは、PQにおいて非優先クラスに設定し、PQの各優先クラスに対応するレギュレータのパラメータの全リンクレートをPQ全体の出力の帯域より小さく設定し、残りの帯域に対しても優先度別に読出すことを特徴とする請求項1に記載のトラフィック制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、IPネットワークを構成するルータのインターフェースで実施されるDiffserv(Differentiated Service)型のサービスにおいて、クラス別の品質保証を行うためのトラフィック制御方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】通信業者がIPネットワークにおいてシンプルに付加価値サービスを提供する手段としてDiffservが提案されている。Diffservは、IPヘッダーに埋め込まれた情報によって各ルータが優先制御を行ってIP品質保証サービスを提供する方法である。その品質保証サービス要求を保証する重要なメカニズムの一つとしてスケジューリング法が挙げられる。スケジューリング法は、大きくギャランティー型及びベストエフォート型に分けられる。ギャランティー型は、帯域保証、低遅延及び低ジッターを利点とし、ベストエフォート型は、公平性及び帯域利用率を利点としている。これらの利点は相反する特性を実現しようとするものであるため、一方の利点を強調すると他方にとっては欠点となるという性質

40

を持つ。

【0003】従来のルータにおいては、サービス品質を保証するようなスケジューリング法が実装されているルータでも、一つのルータに対して一つのスケジューリング法又はインターフェース毎に一つのスケジューリング法を目的に合わせて選択することになっている。代表的なスケジューリング法はWFQ(Weighted Fair Queuing)であり、これは、公平性及び帯域利用率に関して非常に優れており、同時に低遅延を実現するスケジューリング法として、現在多くの高性能ルータに実装されている。

【0004】このWFQは、到着したIPパケットに対してビット毎のラウンドロビンによってサービスを終了するまでの時間をタグ付けし、そのタグの最小のパケットから読出しを行う。しかしながら、保証される遅延及びジッターは設定する帯域によってのみ指定され、また、ギャランティー型トラフィックもベストエフォート型トラフィックと同様の計算によってタグ付けされるためベストエフォート型トラフィックからの影響を避けられない。従って、従来のルータのように、一つのスケジューリング法によってDiffserv型サービスを全て提供することは困難であるという問題がある。

30

【0005】Diffservでは、契約帯域を保証し仮想専用線を実現するEF(Expedited Forwarding)サービス、及び最低帯域保証付きベストエフォートサービスを行うAF(Assured Forwarding)サービスの二つのサービスが規定されている。しかしながら、スケジューリング法等に関しては規定されておらず、これらのサービスを実現する方法が課題となっている。以下に、このDiffserv型サービスを、現在多くの高性能ルータに実装されているWFQによって行う場合について説明する。

【0006】WFQは、それぞれのキューから無限小のデータを公平に読出すGPS(Generalized Processor Sharing)サーバをビット毎に実行するようにモデル化し、到着したパケットはそのGPSによるサービス終了時刻によってソートされ、読出される。また、キューにパケットが存在する際には常に読出しを行うので、公平性及び帯域利用率に関して非常に優れている。また、WFQは、コネクション毎の帯域を保証しており、複数段のWFQスケジューラを介してエンド間を接続した場合の遅延は以下のように示される(A. K. Perekh, R. G. Gallager, "A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Service Networks-The Multiple Node Case", IEEE/ACM transactions on Networking, pp. 137-150, Apr. 1994 参照)。

【0007】いま、 $k$ 番目のスケジューラがリンクレート $r(k)$ のリンクで接続されている場合、 $\phi$ を重み付けとすると、リーキーパケットパラメータ $(\sigma, \rho)$ で制限されたソース $i$ がそのスケジューラで受けるサービスレート $g(i, k)$ は、次式で表される。

50

【数 1】

$$g(i, k) = \frac{\phi(i, k)r(k)}{\sum \phi(j, k)}$$

式 1

【0008】ここでは、最小のサービスレート  $g(i)$  は  $\rho$  より大きいとする。また、コネクションの中で最大の packets 長を  $P_{\max}(i)$  とし、他のコネクションの影響はないとすると、エンド間での遅延  $D(i)$  は次式で制限される。

【数 2】

$$D(i) \leq \frac{\rho(i)}{g(i)} + \sum_{k=1}^{K-1} \frac{P_{\max}(i)}{g(i, k)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}(i)}{r(k)} \quad \text{式 2}$$

従って、エンド間での遅延は適切な  $g(i)$  を割当てることによって制限することができ、ギャランティー型としても用いることができる。

【0009】AF のみのサービスを WFQ で行うには、それぞれのサービスクラスに対応する最低帯域分の重み付けを行えばよく、クラス間の公平性又は帯域利用率を考えても適用できると考えられる。しかしながら、同時にギャランティークラスである EF クラスのサービスを行う場合は、EF クラスの品質を保つことが難しい。WFQ でも式 2 に示したように到着するトラフィックをリーキーパケット等で制限すれば、エンド間での最大遅延を抑え、ジッターを抑えることができる。しかし、式 2 から、その最大遅延は配分するレートによって左右され、低遅延及び低ジッターを実現するにはより多くの帯域を必要とし、ネットワーク設計上問題がある。また、他のトラフィックの影響も全くないことはなく、空き帯域をアクティブなコネクションで共用するため、コネクション数によって式 1 のレートの変化率が影響を受ける。即ち、AF トラフィックの混み具合によって EF トラフィックに影響が出るという問題がある。

【0010】これらの上述の問題は他のスケジューリング法を用いる場合でも同様に生起する問題であり、ギャランティー型 (EF 型) サービスとベストエフォート型 (AF 型) サービスとを同時に実現することは難しい。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、Diffserv 型サービスを実現する場合の上述の問題を解決し、簡易な構成でギャランティー型サービスとベストエフォート型サービスとを同時に実現することができるトラフィック制御方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のトラフィック制御方法は、上記の目的を達成するため、IP ネットワークを構成するルータのインターフェースで、到着した IP パケットの IP ヘッダーを参照し、IP パケットを、ギャランティーサービスクラス、最低帯域保証クラス及びベストエフォートサービスクラスへのクラス分けを行

い、クラス毎のレギュレータを用いて IP トラフィックをクラス毎に設定されたキューに振り分け、ギャランティーサービス用キューは PQ 方式の最優先キューとして設定し、最低帯域保証用キューは WFQ 方式によって読出し WFQ フローの全レートを制限して PQ 方式のいずれかの優先キューに入力し、ベストエフォートサービス用キューは PQ 方式の非優先キューに設定し PQ 方式により出力リンクへ送ることを特徴とする。

【0013】本発明のトラフィック制御方法においては、WFQ の実装に、アクティブなキューではその時点でのビット毎のラウンドロビンがサービスを終了するラウンド数をタグ付けし、アクティブでないキューではそのキューにおける直前のパケットのサービス終了時刻をタグ付けする SFQ (Start-Time Fair queuing) (P. Goyal, H. Vin, H. Chen, "Start-Time Fair Queuing: A Scheduling Algorithm for Integrated Services Packet Switching Networks", Proceedings of ACM SIGCOMM '96, Aug. 1996 参照) を用い、WFQ 全体の読出しレートを自由に設定することを可能にした上で、PQ 方式のいずれかの優先キューに入れて出力リンクから読出すようにしてもよい。

【0014】また、クラス分けの際に BE クラスに設定したトラフィックは、PQ において非優先クラスに設定し、PQ の各優先クラスに対応するレギュレータのパラメータの全リンクレートを PQ 全体の出力の帯域より小さく設定し、残りの帯域に対しても優先度別に読出すようにしてもよい。

【0015】このような本発明によれば、PQ 方式は最優先キューのパケットを到着し次第読出すので、到着レート以上に読出しレートを設定することにより低遅延及び低ジッターを実現することができる。スケジューリング全体としては、AF クラスの WFQ 方式と EF クラスの PQ 方式とを完全に独立させることにより、EF クラスに対する AF クラスの影響を防ぐ。これらのスケジューリングの前段には、クラス分け機構、及びそれぞれのサービスクラスのプロファイルに基づくトークンパケットレギュレータを設けており、トークンパケットパラメータ (トークンレート、パケットサイズ、リンクレート) により特徴付けられたトラフィックがスケジューラに送られるため、EF クラス及び AF クラスそれぞれにおいて品質を保証することができ、Diffserv 型サービスを全て実現することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】次に図面を用いて本発明の実施例を説明する。本発明の方法を実施する場合、既知のルータ構成を用いて実施することができる。図 1 はこのよう

なルータの例の機能ブロック図である(Y. Bernet et al., "A Conceptual Model for DiffservRouter", Draft -ietf-diffserv-model-00.txt, June 1999参照)。このルータは二つのインターフェースA及びBを有するルータであり、エッジルータとして用いる場合は、入力側モジュールにおいて契約に応じてシェーピングを行う。また、コアルータとして用いる場合は、入力側モジュールを省略することができる。本発明によりDiffserv型サービスを実現するためには、出力側モジュールで図2に示すトラフィック制御を行う。

【0017】図2は、本発明によるトラフィック制御方法を説明するための図である。到着したIPパケットに対して、クラス分け機構11が、IPヘッダーのDiffservコードポイント、ソース/デスティネーションアドレス、ソース/デスティネーションポート、IPプロトコル番号等を識別し、フロー毎に識別子を決定し、EFクラスA、AFクラスB～E、BEクラスF及び不適格パケットXにクラス分けし、それぞれのプロファイルに従ってクラスA～Fについて設定されたトークンパケットレギュレータ12a～12nにIPパケットを送る。非適合であるクラスXのパケットは直ちに破棄される。

【0018】トークンパケットレギュレータ12a～12nは、例えばパケットサイズ、トークンレート及びリンクレートの三つのパラメータでトラフィックを制限する。図3に示すように、到着したパケットは、トークンがある場合はそのトークンサイズだけ送出され、トークンがない場合は破棄される。パケットの中のトークンはトークンレートで溜まり、最大値はパケットサイズで制限されている。例えばLバイトのフローが到着した時は、パケットの中にL個のトークンがある場合に送出が許可される。即ち、トークンレートに相当する平均レートを超えてパケットサイズまでのバーストが許可され、リンクレートによって、その大きさが制限される。

【0019】図2の場合、EFクラスのパケットAはPQ方式の最優先キュー14aに送られ、AFクラスのパケットB～EはWFQのキュー13a～13nに送られ、BEクラスのパケットFはPQ方式の非優先キュー15に送られる。

【0020】WFQは、アクティブなキューに対してそれぞれのキューのデータを無限に細かく分割して理想的に公平なスケジューリングを行うGPSサーバを、パケット単位でのスケジューリングに近似したものである。WFQは、GPSサーバをビット毎のラウンドロビンでモデル化し、そのラウンドロビンでのサービス時間を基にしてサービス終了時刻を決定し、それにより、パケットをソートし順次読出す。

【0021】即ち、或る時刻tにおいて、コネクションiに到着したk番目のパケットのパケットサイズをP(i, k, t)、ラウンドナンバーをR(t)、サービスを終了する時刻であるフィニッシュナンバーをF(i, k, t)、i

番目のコネクションに対する重み付けを $\phi(i)$ とすると、WFQサーバは、次式によりF(i, k, t)を決定し、F(i, k, t)の小さいパケットからサービスを行う。

【数3】

$$F(i, k, t) = \max\{F(i, k-1, t), R(t)\} + \frac{P(i, k, t)}{\phi(i)} \quad \text{式 3}$$

【0022】このようなアクティブなコネクションのみの計算を行うため、帯域を公平に配分でき、なお且つ利用可能な帯域を最大限活用することができる。しかしながら、R(t)の計算はパケットの到着及び送出毎に計算しなければならない、その実装は非常に困難であるため、この実施例では、このR(t)の計算にSFQの方法を用いる。即ち、パケットがアクティブではないキューに到着した際には、その時点でのラウンドナンバーをスタートナンバー(S(i, k, t))とし、パケットがアクティブなキューに到着した際には、その直前のパケットのフィニッシュナンバーをスタートナンバーとし、次式によりフィニッシュナンバーF(i, k, t)を決定する。

【数4】

$$F(i, k, t) = S(i, k, t) + \frac{P(i, k, t)}{\phi(i)} \quad \text{式 4}$$

【0023】このようにすることにより、WFQの問題点とされるコネクションの繰り返し削除を防ぐことができる。パケットはこのフィニッシュナンバーF(i, k, t)によりソートされ、それぞれのキューに送られる。WFQ全体のフローは、スタティックに全体のフローのレートに制限を与えて、PQのいずれかの優先キューに送る。

【0024】PQはそれぞれのコネクションがサービスする優先順位に相当し、例えばn個の優先レベルがある場合、或る番号の優先レベルに対してそれより高い優先度の番号の優先レベルに属するパケットは常に優先的に送出される。即ち、優先レベルkのパケットは、k+1, k+2, ..., nの番号の優先レベルにサービス待ちのパケットがない場合のみサービスされる。優先キュー14(図2)は、EFフロー及びAFフロー即ちWFQフローを集合し、優先レベルに従って読出す。

【0025】このような構成を有するトラフィック制御方法を用いるモジュールをルータのインターフェースに装備することにより、Diffserv型サービスを全て実現することができる。以下に、EFクラス、AFクラス及びBEクラスについて具体的に説明する。

【0026】EFクラスのトラフィックは、上述のように、低遅延及び低ジッターを実現するものであり、本発明では、トークンパケットレギュレータ及びPQによって実現される。クラス分け機構でEFクラスに識別されるフローのトークンパケットパラメータは、パケットサイズ=0、トークンレート=リンクレートである。契約

帯域をリンクレートに設定することにより契約違反トラヒックを排除することができる。このEFクラスのトラヒックはWFQのフィニッシュナンバーの計算を行わず、処理のオーバーヘッドを減らすことができる。EFクラスのトラヒックは直接PQの最優先キュー14aに送られ、このPQでは、入力レートを常に出力レートより小さく設計することにより、キューイング遅延及びジッターを最小にすることができる。また、このように完全にキューを分けることにより、このEFクラスのキューサイズを削減することができる。

【0027】AFクラス即ち最低帯域保証クラスのトラヒックは、限られた帯域を有効に活用し且つ帯域を保証されるものであり、本発明では、トークンバケット及びWFQによって実現される。クラス分け機構11で四つのAFクラスB～Eに識別されたフローは、それぞれのクラスのプロファイルに応じてトークンバケットパラメータを設定される。WFQの重み付けはトークンレートによる重み付けであり、フィニッシュナンバーの計算を行うことによりクラス間での公平性を確保し、且つAFクラスに与えられた帯域を有効に利用する。このWFQ全

体の読出しレートを制限し、PQのいずれかの優先キュー14に入力することにより、出力帯域をPQ及びWFQ双方で共用すると共に、EFクラスのトラヒックに対するAFクラスのトラヒックの影響を防ぐことができる。

【0028】クラス分け機構11でBEクラスに設定したトラヒックは、PQにおいて優先キュー14以外の非優先レベル15に設定する。PQでは、低優先のトラヒックは高優先のトラヒックの影響を受け、その優先レベルに応じて遅延及びジッターを受ける。本発明では、EFクラス及びAFクラスのトークンバケットパラメータのリンク

きる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、Diffserv型サービスの契約帯域を保証し低遅延及び低ジッターを実現するクラスであるEFクラスと、最低帯域保証付きのベストエフォートクラスであるAFクラスとのサービスを同時に実現することができる。即ち、EFクラスサービスにはPQを行うことにより低遅延及び低ジッターを実現し、AFクラスサービスにはWFQを用

【図面の簡単な説明】

【図1】 Diffservルータの例の機能ブロック図である。

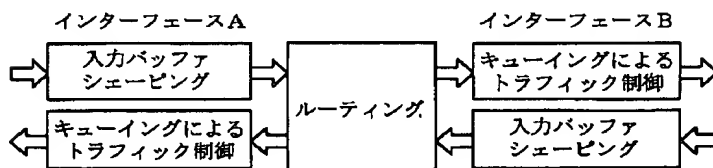
【図2】 本発明によるトラヒック制御方法を説明するための図である。

【図3】 トークンバケットレギュレータの動作を説明するための図である。

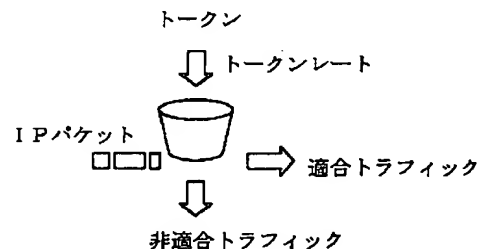
【符号の説明】

- 11 クラス分け機構
- 12 トークンバケットレギュレータ
- 13 キュー
- 14 優先キュー
- 14a 最優先キュー
- 15 非優先キュー

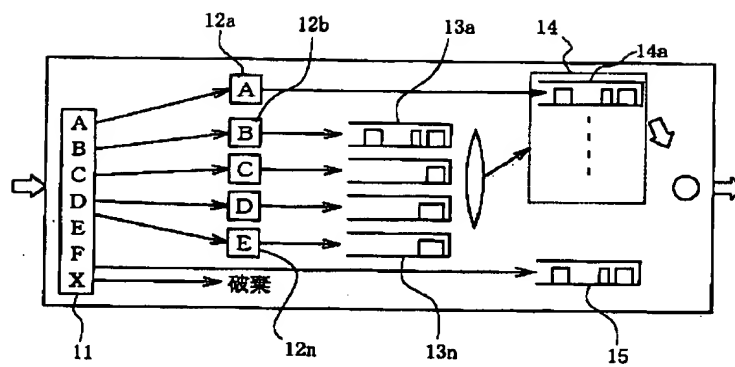
【図1】



【図3】



【図 2】



フロントページの続き

(72) 発明者 金山 之治  
 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
 本電信電話株式会社内

F ターム (参考) 5K030 GA01 GA08 GA13 HA08 HB28  
 HD03 KX12 KX18 KX29 LB05  
 LC02 MB15  
 5K034 AA01 AA07 BB06 DD03 EE11  
 HH21 HH64 MM11 MM21  
 9A001 CC03 DD10 JJ25 LL02